

0-795952

На правах рукописи



ХАМАТАЕВ РОМАН ВЛАДИМИРОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
КОММУНАЛЬНОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИННОВАЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством
(управление инновациями)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Иркутск – 2012

Работа выполнена на кафедре управления промышленными предприятиями
ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Семенов Михаил Алексеевич

Официальные оппоненты: Д-р экон. наук, профессор Магомедов Магомед
Даниялович, заведующий кафедрой
«экономики, инноватики и финансов»
Московского государственного университета
пищевых производств

Д-р экон. наук профессор Сидоренко Виктор
Иванович кафедры «менеджмента» Иркутского
государственного университета путей сообще-
ния,
Байкальский государственный университет эконо-
мики и права, кафедра экономики предпри-
ятия и предпринимательской деятельности

Ведущая организация:

Защита состоится «24» апреля 2012 г. в 10:00 на заседании диссертационного
совета ДМ 212.073.08 в Иркутском государственном техническом университете
по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, корпус «К», конференц-зал.
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Иркутский
государственный технический университет», с авторефератом – на официаль-
ном сайте университета www.istu.edu.

Отзывы на автореферат отправлять по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермон-
това, 83, ученому секретарю диссертационного совета ДМ 212.073.08.

Автореферат разослан «23» марта 2012 г.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КФУ



0000790910

Ученый секретарь диссертационного
совета, кандидат экономических наук,
профессор

Г.М. Берегова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Результаты перестройки экономики России в течение 25 лет со всей очевидностью показали, что государство не может и не должно уходить от системного управления развитием базовых отраслей экономики.

Это в первую очередь касается теплоэнергетики, как системообразующей отрасли. Для любой страны исключительно важна проблема рационального использования топлива, тем более для России, теплоэнергетика которой находится сейчас в критическом состоянии. В общей сложности за последние несколько лет в системах теплоснабжения происходит до 100 тыс. аварий.

Анализ состояния производства, транспортировки, потребления тепловой и электрической энергии, показал, что в настоящее время почти повсеместно выросли потери и неучтенные расходы материального носителя услуги. В некоторых городах они достигают 40 % и более, из которых пятая часть оплачивается населением через завышенный норматив потребления.

В жилищно-коммунальном секторе экономики на отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию и электроснабжение гражданских зданий расходуются около 30 % всего добываемого топлива. *Доля возобновляемых энергетических ресурсов, используемых для производства тепловой энергии в коммунальной энергетике, составляет всего 10-14 %.*

В числе главных проблемных зон, можно выделить: *отсутствие стратегии развития отрасли; систем централизованного управления на региональном уровне, тепло- ресурсосбережение, низкий уровень использования возобновляемых источников энергии, износ фондов, недостаток квалифицированных кадров.*

В ряде научных работ, ставится вопрос о необходимости системного управления и формировании долгосрочных программ стратегического развития теплоэнергетики. В этом плане можно выделить труды российских ученых Н.И. Воропай, М.Х. Ибрагимова, И.А. Башмакова, В.В. Литвак, В.Г. Семенова, В.А. Стенникова, Г.В. Агафонова, И.Ю. Иванова, А.Д. Соколова, Б.Г. Санеева, М.П. Малахина, Е.Н. Бизяркина и ряда других, которые на основании анализа зарубежного и отечественного опыта и положения дел в российской энергетике создают теоретическую и методологическую основу для формирования эффективных систем управления теплоснабжением в России.

Обеспечение системного управления ТЭК, как регионального уровня, так и уровня РФ в целом невозможно без формирования и реализации системы менеджмента качества для каждого энергетического объекта и всего регионального комплекса, элементом которого он является. В стране, и в Иркутской области в частности, сформировано огромное количество программ федерального и регионального уровня развития ТЭК. Но, как правило, в них не ставится вопрос о необходимости разработки и реализации программ внедрения систем менеджмента качества (СМК). Хотя в некоторых регионах есть положительный опыт реализации подобных систем[1-3]. В связи с развитием мирового энерге-

тического кризиса все острее стоит вопрос об использовании новых, возобновляемых и экологически чистых энергетических ресурсов.

Все выше сказанное и определило актуальность исследования выполненного в данной работе, в рамках которой сформирован инновационный подход к управлению развитием коммунальной теплоэнергетики.

Цель работы состоит в разработке методов повышения экономической эффективности коммунальной теплоэнергетики путем создания инновационной системы управления стратегического развития и за счет широкого использования новых возобновляемых источников энергии.

Для достижения указанной цели в диссертационной работе были поставлены следующие задачи:

1) на основе анализа состояния топливо энергетического кластера Иркутской области выявить совокупность структур, составляющих систему управления (СУ) кластера, предложить модель развития СУ, позволяющую осуществить формирование стратегических целей и направлений развития;

2) разработать инновационную модель единой электронной системы диспетчеризации и мониторинга теплоснабжения (ЭСДМТ) региона и экономически обосновать необходимость её физической реализации;

3) выполнить анализ возможности перевода муниципальных котельных на местные возобновляемые источники энергии (ВИЭ);

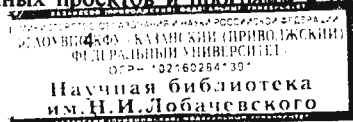
4) разработать экономически обоснованную модель, позволяющую осуществить объективный выбор топлива, характеристики которого будут являться исходными данными для разработки проекта реконструкции конкретной котельной;

5) разработать модель формирования программы инновационной модернизации муниципальных котельных за счет использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) с учетом системы критериев, отражающих экономическую эффективность, техническое состояние, социальную и экологическую значимость объектов.

Объектом исследования являются котельные и системы теплоснабжения муниципального уровня (как элементы топливо энергетического кластера Иркутской области), альтернативные возобновляемые источники энергии и анализ возможности их использования для повышения экономической эффективности региональной тепловой энергетики.

Предметом исследования являются методы разработки программ модернизации с использованием статистических данных, методов системного анализа и линейного программирования, менеджмента качества, риск-менеджмента.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертация по своему содержанию, предмету и методам исследования соответствует: п. 2.12. – Исследование форм и способов организации и стимулирования инновационной деятельности, современных подходов к формированию инновационных стратегий; п. 2.23. – Теория, методология и методы оценки эффективности инновационно-инвестиционных проектов и программ в паспорте научной



специальности 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством (управление инновациями)».

Методологической основой работы послужили теоретические исследования отечественных и зарубежных ученых, занимающихся изучением проблем обеспечения экономической и энергетической безопасности. В диссертации использованы методы системного анализа, экономико-математического моделирования, сравнения, статистических группировок, обобщений, аналогий, прогнозирования.

Информационную базу исследования составили законодательные и нормативные акты органов государственной власти, статистические материалы федеральных и региональных органов статистики, данные монографических исследований и периодических изданий, материалы РАО «ЕЭС России», ОАО «Иркутскэнерго», ОАО «СУЭК», ВСЖД, ОАО «АНХК».

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. На основе анализа состояния топливо энергетического кластера Иркутской области предложена модель развития ядра кластера как системы управления энергетикой региона. Реализация архитектуры системы обеспечит формирование стратегических целей и направлений развития; выполнение основных задач модернизации управления тепловой энергетикой региона и модернизации муниципальных котельных с использованием инновационных возобновляемых источников энергии.

2. Предложена инновационная модель единой электронной системы диспетчеризации и мониторинга (электронной карты) теплоснабжения (ЭСДМТ) региона путем разработки и создания локальных ЭСДМ всех объектов тепловой энергетики и объединения их в единую интегрированную систему.

3. На основе всестороннего анализа технико-экономических характеристик различных видов топлива обоснована экономическая и экологическая целесообразность использования лигнина и пеллет из лигнина в качестве нового возобновляемого энергетического ресурса;

4. Разработана модель, позволяющая с учетом экономической, социальной и экологической эффективности осуществить объективный выбор топлива, характеристики которого будут являться исходными данными для разработки проекта реконструкции конкретной котельной.

5. Разработана модель и алгоритм формирования экономически обоснованной программы инновационной модернизации муниципальных котельных с учетом их технического состояния, экономической, социальной и экологической значимости и анализом возможности перевода их на местные энергоресурсы.

Методы исследования, достоверность и обоснованность. Формирование теоретических положений и разработка на их базе методических основ и принципов формирования систем стратегического управления и развития муниципальной и региональной теплоэнергетики стало возможным благодаря комплексному использованию методов экономического и финансового анализа, системного анализа реинжиниринга систем менеджмента, экспертных оценок.

Достоверность и обоснованность применяемых методов подтверждается их использованием в различных прикладных исследованиях и в производственной практике одного из органов местного самоуправления – администраций города Тулун и Иркутской области.

Практическая значимость исследования состоит в том, что полученные в работе выводы позволят руководителям ведомств по жилищной политике, энергетике, транспорту и связи Иркутской области и органам местного самоуправления разработать и внедрить систему стратегического управления и развития теплоэнергетики с использованием местных возобновляемых энергетических ресурсов. Повысит инвестиционную привлекательность территории, за счет улучшения условий проживания граждан, предоставления бизнесу необходимого уровня обеспечения теплоснабжения.

Апробация результатов исследования. Основные научные положения и результаты исследования были представлены на следующих научно-практических конференциях: VI Московский международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития», 21–25 мая, 2011, г. Москва; Байкальский экономический форум – 2011, Иркутск.

Основные результаты диссертационной работы доложены, обсуждены и получили положительную оценку на расширенном заседании кафедры управления промышленными предприятиями Иркутского государственного технического университета (19 января 2012 г.).

Результаты диссертационной работы приняты к внедрению на ООО «Топливо-энергетическая компания», г. Киров (справка о внедрении), результаты диссертационного исследования внедрены в научную и проектную деятельность научно-внедренческого центра Международного исследовательского института г. Москвы (справка о внедрении).

Публикации по теме диссертации. По теме диссертационной работы автором опубликовано 8 научных работ, общим объемом 20,8 п. л., из них 4 – в научных журналах из списка, рекомендованного ВАК, 1 монография в соавторстве, общий авторский вклад – 9,8 п. л.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, библиографического списка и приложений. Наглядность изложения материалов диссертационного исследования обеспечивается таблицами и рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, определяются цель, задачи, предмет, объект научного исследования, отражаются научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе анализируются мировые тенденции использования возобновляемых источников энергии. С учетом этих тенденций выполнен обзор состояния коммунальной тепловой энергетики Иркутской области, обосновывается необходимость более широкого использования возобновляемых источ-

ников энергии, формулируются основные проблемы развития систем теплоэнергетики, на основании чего формулируются цели и задачи диссертационной работы.

Во второй главе предложена системная модель и архитектура ядра топливно энергетического кластера, которая позволит обеспечить формирование и реализацию стратегических целей и направлений развития;

сформулированы основные задачи модернизации управления тепловой энергетикой региона с использованием инновационных методов и технологий;

предложена инновационная модель единой электронной системы диспетчеризации и мониторинга (электронной карты) теплоснабжения (ЭСДМТ) региона путем разработки и создания локальных ЭСДМ всех объектов тепловой энергетики и объединения их в единую интегрированную систему;

выполнен экономический анализ возможности использования местных возобновляемых энергоресурсов;

предложена экономико-математическая модель выбора топлива для модернизации котельных;

рассмотрены риски реализации проекта производства пеллет из лигнина.

В третьей главе предложена экономико-математическая модель формирования программы модернизации объектов коммунальной тепловой энергетики;

выполнено определение экономической и экологической эффективности программы модернизации тепловой энергетики;

даны основные принципы формирования концепции модернизации коммунальной тепловой энергетики Иркутской области.

В заключении автор формулирует основные выводы и предложения по результатам исследования, определяет целесообразность использования результатов работы в практической деятельности.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Предложена системная модель ядра топливно энергетического кластера, обеспечивающая формирование стратегических целей и направлений развития (архитектура системы дана на рис. 1).

По нашему мнению, в качестве системы управления энергетикой Иркутской области должна являться совокупность научных и организационных структур, составляющих ядро кластера (см. рис.1). Его необходимо дополнить за счет создания новых элементов, которые, во взаимодействии с уже существующими, обеспечат формирование и реализацию задач развития региональной энергетики Иркутской области.

По нашему мнению такими инновационными структурами должны стать:

1. Комитет стратегического развития энергетического кластера.

2. Единая электронная системы мониторинга (электронной карты) теплоснабжения (ЭСМТ) путем разработки и создания локальных систем диспет-

черезации и мониторинга всех объектов тепловой энергетики (и в первую очередь объектов муниципальной собственности).

3. *Постоянно действующая выставка ТЭК по энергосбережению, технологиям, оборудованию.*

Комитет стратегического развития предназначен для:

- разработки и контроля реализации стратегии развития ТЭК ИО;
- создания и контроля реализации системы менеджмента качества на всех этапах жизненного цикла ТЭ;
- постановки задач, согласования и контроля реализации всех программ развития ТЭК.

Членами комитета являются представители наиболее крупных предприятий всех секторов экономики, составляющих ТЭК; представители систем ЖКХ наиболее крупных городов Иркутской области; сотрудники аппарата правительства и депутаты Законодательного собрания Иркутской области; представители вузов и НИИ, работающие в области энергетики.

Данный комитет является центром, формирующим стратегию развития топливно-энергетического кластера, учитывающую интересы юридических и физических лиц, составляющих кластер.

Комитет, в свою очередь, должен состоять из ряда подкомитетов:
подкомитета стратегического развития ТЭК;
подкомитета СМК ТЭК;
инновационного подкомитета.

Основными задачами обозначенных выше подкомитетов должна стать деятельность:

по организации разработки региональных стандартов и регламентов, обеспечивающих осуществление производственных и технологических, бизнес-процессов в соответствии с ISO 9001:2008;

координации деятельности предприятий ТЭК по разработке, внедрению и сертификации предприятий на соответствие требованиям стандартам менеджмента качества ISO 9001:2008 и экологического менеджмента ISO 14001:2004.

Для решения указанных задач в диссертации предложена *система стандартов*, которая может стать своего рода фундаментом системы стратегического управления теплоэнергетикой (ССУ ТЭ), реализованной на основе соблюдения принципов менеджмента качества на всем жизненном цикле тепловой энергии.

Система стандартов позволит сформировать требования к разработке и реализации региональных программ:

- замены, перекладки и реконструкции тепловых сетей на новые высокоэффективные и быстро окупаемые виды оборудования и технологий;
- замены, реконструкции или ремонта всех источников тепловой энергии с учетом их морального и физического износа, экономической эффективности, экологической и социальной значимости.

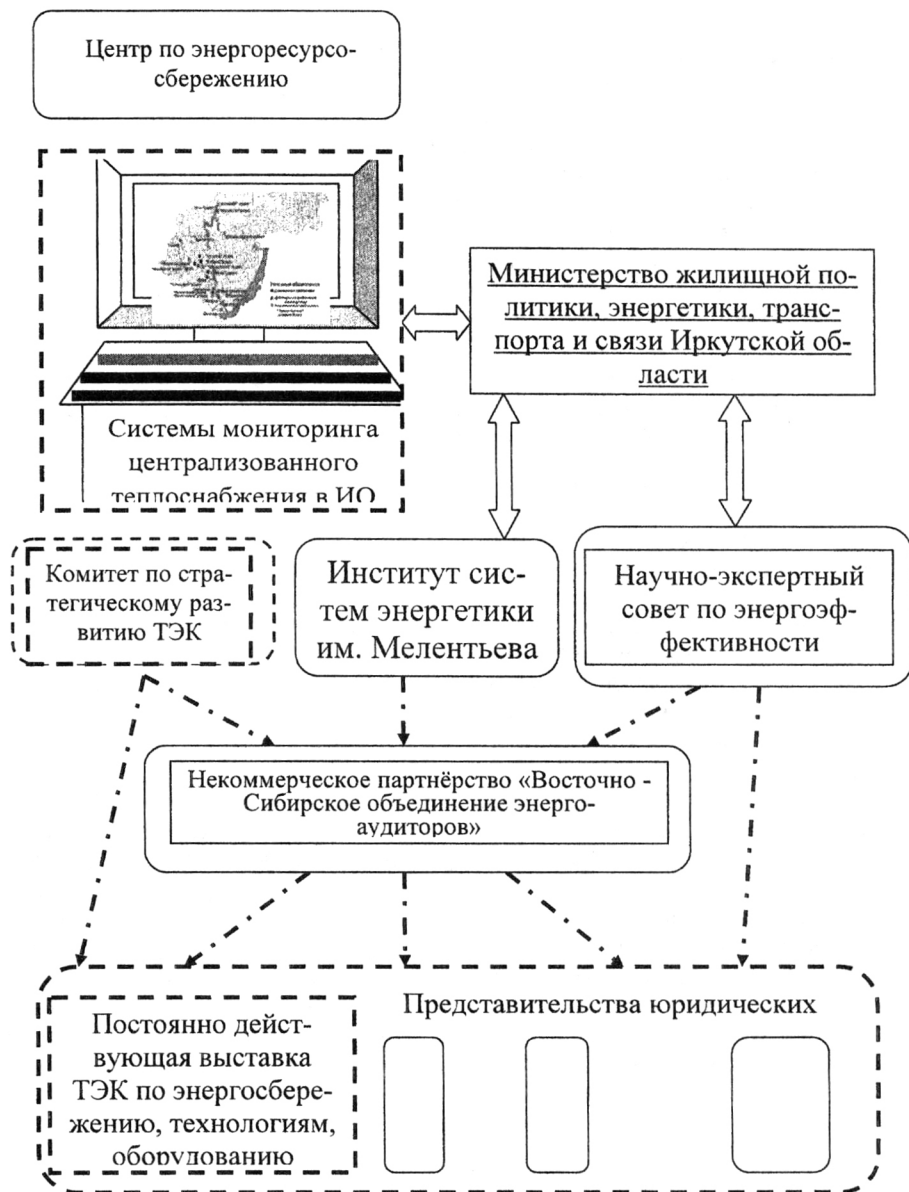


Рис. 1. Модель ядра топливно-энергетического кластера (штрихпунктирные контуры отражают новые элементы ядра кластера, предназначенные для формирования и реализации стратегии развития)

■ перевода автономных теплоисточников на альтернативные виды топлива, соответствующие экономическим, социальным и экологическим критериям, предусматривающим выбор для каждого объекта наиболее эффективной инновационной технологии получения тепловой энергии и последовательность её реализации. Программы должны учитывать расстояние между теплогенерирующими объектами как к источникам потребления (предприятиям, поселкам, малым городам), так и к производителям топлива, прежде всего, альтернативным: сланцам, торфу, отходам переработки древесины, природному газу, сельскохозяйственным отходам и другим возобновляемым ресурсам.

■ сертификации предприятий ТЭК на соответствие требованиям стандартов менеджмента качества ISO 9001:2008 и экологического менеджмента ISO 14001:2004.

Разработка и реализация указанных программ позволит не только обеспечить экономичное и устойчивое снабжение ТЭ всех потребителей, но и обеспечить существенное улучшение экологии населенных пунктов.

Единая электронная система диспетчеризации и мониторинга теплоснабжения (ЭСДМТ) региона.

Мониторинг состояния тепловых систем большинства населенных пунктов Иркутской области в настоящее время сводится к получению устной информации по телефону или отчетов по факсу, т. к. не создана единая автоматизированная система. В связи с этим в работе обоснована необходимость создания региональной электронной системы мониторинга в рамках Центра «Энергоресурсосбережения», которая должна обеспечить получение информации в режиме реального времени о состоянии объектов тепловой энергетики, расположенных на территории Иркутской области (независимо от формы собственности, рис. 2).

В работе предложена структура системы мониторинга, сформулированы основные принципы разработки и создания системы, которая должна быть реализована в виде электронной карты, и отражать все системы централизованного и децентрализованного теплоснабжения (СЦТ и СДТ), действующие на территории Иркутской области. Возникновение нештатной ситуации на любом из объектов должно отражаться визуальными и звуковыми сигналами. При выделении объекта (СЦТ конкретного населенного пункта) на экране монитора должна появиться электронная карта объекта и соответствующая информация, характеризующая нештатную ситуацию. Элементами этой системы обязаны быть локальные системы мониторинга муниципальных образований, передающих информацию о состоянии объектов управления данных систем.

Обоснована необходимость использования локальных систем мониторинга в качестве информационных интерфейсов между локальными системами диспетчеризации и региональной ЭСМТ.

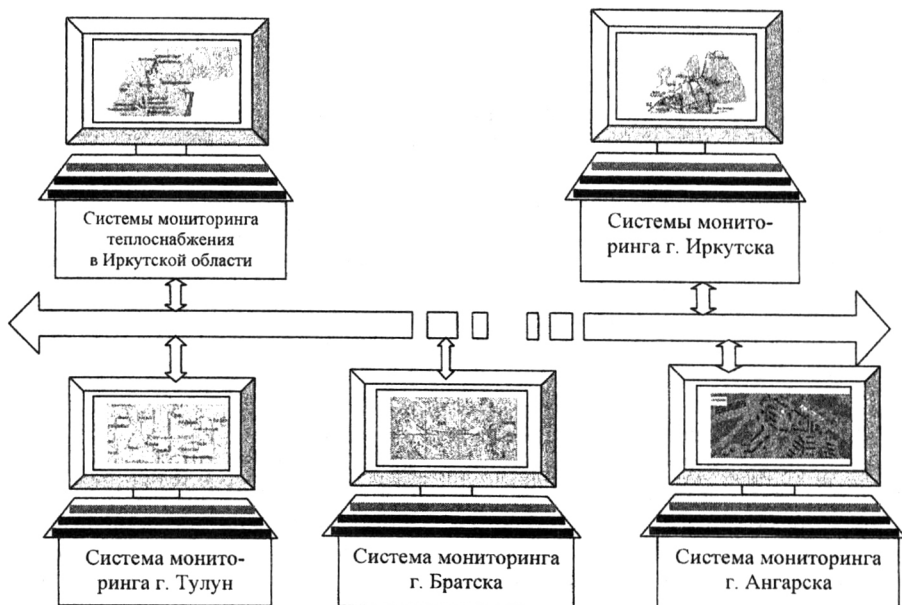


Рис. 2. Структура системы мониторинга состояния объектов теплоэнергетики Иркутской области

Для автоматической передачи информации в центральный диспетчерский пункт во всех характерных узлах тепловой сети (подстанциях, контрольно-распределительных и тепловых пунктах) размещаются автоматические контроллеры с выводами электрических сигналов о показаниях КИП, состоянии электрооборудования и о положениях запорно-регулирующей арматуры на центральный пульт управления.

Постоянно действующая выставка ТЭК по энергосбережению, технологиям, оборудованию предназначена для демонстрации инновационной продукции повышения энергоэффективности во всех отраслях экономики, активному внедрению в практическую деятельность предприятий энергетического кластера.

2. Выполнен экономический анализ возможности использования альтернативных возобновляемых источников энергии с целью снижения энергозатрат и улучшения экологической обстановки на территории Иркутской области.

Показано, что по своим технико-экономическим характеристикам такими новыми видами топлива могут быть: биобутанол, лигнин, пеллеты из лигнина.

Выполнен расчет себестоимости для различных технологий производства пеллет из лигнина.

Для объективного и обоснованного выбора топлива для муниципальных котельных, подлежащих модернизации, необходимо сформировать систему критериев, всесторонне отражающих эффективность использования того или иного вида топлива.

Система критериев должна учитывать экономические, технологические, социальные и экологические стороны использования выбранного топлива.

С нашей точки зрения, критерии должны отражать следующие характеристики топлива:

- теплотворная способность Q ккал/кг, для газа - ккал/м³, приведенная к теплотворной способности условного топлива $Q(ot) = Q/7000$;

- цена C (руб./т.);

- влияние на экологию – характеристики продуктов сгорания того или иного топлива, относительно установленных норм ПДК;

- реконструкция котельных R_{kot} – степень необходимости реконструкции котельных при переводе их на иной вид топлива. Здесь мы будем только констатировать относительную от 0 до 1 необходимость модернизации энергоисточников, т.е. $0 \leq R_{kot} \leq 1$, хотя более корректно следует указывать необходимый объем инвестиций на реконструкцию с учетом выбранного вида топлива;

- возобновляемый вид топлива или нет $0 \leq V_{vt} \leq 1$;

- наличие промышленных запасов $0 \leq V_{prz} \leq 1$ на территории муниципального образования или возможность организации производства данного ресурса.

- максимальное значение КПД, которое может быть достигнуто в случае модернизации котельной под выбранный вид топлива.

Для того чтобы в расчетах уйти от размерности показателей различных критериев будем использовать их относительные значения. Кроме того будем считать, что мы определяем необходимость модернизации котельных, работающих на угле. В этом случае для газа, дров, мазута необходима радикальная реконструкция технологии и котлов, а для пеллет из лигнина или торфа реконструкции практически не требуется. Этот показатель будем отражать некоторой относительной величиной от 0 до 1. Наличие промышленных запасов того или иного ресурса на территории муниципального образования будем обозначать «0» или «1».

Тогда будем искать максимум целевой функции, отражающей эффективность использования того или иного вида топлива:

$$F = \sum_{i=1}^n X_{i,j} / \max X_{i,j} * V_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $X(i,j)$ значение i -го критерия для j -го вида топлива, $\max X(i,j)$ – максимальное значение i -го критерия, $V(i)$ – весовые коэффициенты, отражающие значимость конкретного критерия.

Значения весовых коэффициентов определяются группой экспертов, принимающих решение о необходимости модернизации котельной. При этом необходимо учитывать, что ряд показателей (теплотворная способность, КПД котельной и т. д.) объективно отражают эффективность использования данного топлива, для которых значения весовых коэффициентов должны быть со знаком «+». В то же время ряд других (цена, количество вредных веществ в продуктах сгорания) снижают привлекательность этого ресурса – весовые коэффициенты должны быть со знаком «-».

Введя конкретные значения критериев и весовых коэффициентов, получим модель, позволяющую достаточно эффективно рассчитывать и анализировать варианты использования различных видов топлива (рис. 3).

Будет объект	Штат	Выданы лицензии	Финанс	Страна							
D14 $f_k = -0,3 \cdot \sum i_3 + 0,5 \cdot \sum i_5 + 0,6 \cdot \sum i_6 + 0,7 \cdot \sum i_7 + 0,8 \cdot \sum i_8 + 0,9 \cdot \sum i_9 / \sum k_9 + 0,10 \cdot \sum i_{10} / \sum k_{10} + 0,11 \cdot \sum i_{11} / \sum k_{11} + 0,12 \cdot \sum i_{12} / \sum k_{12} + 0,13 \cdot \sum i_{13}$											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1 Критерии	уголь бу	уголь ка	пеллеты	дрова су	брикеты	мазут	торф	бригаз	прир	вес крп	ПДК
2 Теплота.Сп (Ккал/кг)	5000	6500	6500	4500	5000	8500	5500	9000			
3 Отн.Тепл.Способн.к у.т.	0,71	0,93	0,93	0,64	0,71	1,21	0,79	1,29			
4 Цена (руб./т.)	1400	1700	2000	1500	2400	8000	900	9000			
5 Относит.Цена	0,16	0,19	0,22	0,17	0,27	0,89	0,1	1			
6 Необх.Реконстр.Котельни	0	0	0,1	1	0,1	1	0,1	1			
7 Возобн.Вид Топлива	0	0	1	1	1	0	0,1	0			
8 Пром.Запасы на территор	1	1		1	1	1	0	1			
9 Оксиды углерода(мг/м3)	4037	4037	250	200	200	950	100	78			
10 Оксиды азота(мг/м3)	485	485	200	200	200	380	150	388			
11 Диоксиды серы(мг/м3)	1450	1450	80	80	90	190	30	80			
12 Твердые выбросы (пыль)	1150	1150	50	50	55	10	100	0			
13 Макс.Достижимый ПДК	0,8	0,8	0,85	0,8	0,8	0,85	0,8	0,9			
14 Обобщенный критерий	-15,92	-15,39	2,08	0,63	1,24	-1,77	1,77	-0,08			
4 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14											
Итого											

Рис. 3. Весовые коэффициенты по цене и теплотворной способности практически равны – учитывается загрязнение окружающей среды (значение обобщенного критерия $\sum X(i,j) \cdot V(i) \rightarrow$ для лигнина максимально)

Таким образом, предложенная в настоящей работе модель выбора наиболее эффективного топлива для модернизации объектов тепловой энергетики является основой формирования объективной методики выбора традиционных или местных (альтернативных) топливно-энергетических ресурсов с учетом их экономических, экологических и социальных преимуществ. Представляется, что данная методика должна стать необходимым элементом системы управления качеством производства и распределения тепловой энергии в регионе.

3. Дана модель формирования программы модернизации объектов коммунальной теплоэнергетики.

Обзор состояния теплоэнергетики Иркутской области, выполненный в предыдущих разделах, позволяет сделать однозначный вывод – модернизации в той или иной мере подлежат практически все объекты тепловой энергетики и, в первую очередь, это касается объектов коммунального уровня.

Однако, учитывая размерность задачи (только коммунальных котельных насчитывается 1032 ед.) и огромный объем инвестиций, необходимых для модернизации, представляется, что подобная задача не может быть решена в течение одного года или даже пятилетия.

Возникает задача формирования программы модернизации тепловой энергетики в условиях ограниченного бюджета, но при этом учитывающей различные социальные, экономические, технические и экологические аспекты обеспечения потребителей тепловой энергией.

Алгоритм формирования программы очередности работ

1. Сформируем систему показателей (критериев) $X(i,j)$ характеризующих состояние каждого объекта (котельной):

мощность котельной (Гкал);
количество и марки котлов;
тепловая нагрузка;
степень износа оборудования котельной, %;
степень износа котлов, %;
реальный КПД котельной;
уровень автоматизации. Количество контуров регулирования;
количество жилых домов;
количество отопливаемых м²;
количество объектов инфраструктуры;
количество отопливаемых м² объектов инфраструктуры;
количество и марка потребляемого топлива;
объем инвестиций реконструкции $C(j)$ (тыс. руб.).

2. Установим значения указанных критериев для каждой котельной и весовые коэффициенты по каждому критерию $r(i)$ (определяются экспертным путем).

3. Вычислим обобщенный критерий для каждой j - котельной:

$$F_j = \sum_{i=1}^n (X_{i,j} / \max X_{i,j}) * r_i. \quad (2)$$

4. Тогда будем искать сочетание котельных, для включения в программу реконструкции, доставляющее максимум целевой функции:

$$G = \sum_{j=1}^N \gamma_j F_j \rightarrow \max . \quad (3)$$

$$\text{При } \sum_{j=1}^N \gamma_j C_j \leq V_{\text{бюдж}} ; \quad F_j \geq 0$$

$$\gamma_i = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & \text{при выполнении ремонта} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{array} \right\} ,$$

где $X(i,j)$ значение i -го критерия для j -й котельной; $g(i)$ – весовые коэффициенты, отражающие значимость конкретного i -го критерия; $\max X(i,j)$ максимальное значение i -го критерия для j -й котельной; $C(j)$ – стоимость реконструкции j -й котельной; $V_{\text{бюдж}}$ – ограничения по бюджету.

Введя конкретные значения критериев и весовых коэффициентов, получим модель, позволяющую достаточно объективно определить последовательность реконструкции котельных для конкретного населенного пункта или всей области в целом. В такой постановке представленная модель является задачей целочисленного программирования как частный случай методов линейного программирования.

Модель позволяет последовательно сформировать объективную программу реконструкции объектов тепловой энергетики для конкретного населенного пункта.

Выполним числовое моделирование возможностей предложенного алгоритма на примере разработки программы реконструкции муниципальных котельных для г. Тулуна:

1. Сведем показатели значимости котельных города в таблицу и вычислим значение обобщенного критерия по формуле (2) для каждой котельной с учетом весовых коэффициентов (рис. 4).

Z29 = F29*F530+H29*H530+I29*I530+J29*J530+K29*K530+L29*L530+M29*M530+O29*O530+P29*P530+Q29*Q530+R29*R530+T29*T530+U29*U530+V29*V530																											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Населенный пункт, адрес кот.	Количество кот.	Марка котлов	Мощность котла, Гкал/ч	Мощность котла, кВт	Тепловая нагрузка, Гкал/ч	Тепловая нагрузка, кВт	ККД котла, %	Исходная котельная, %	Муниципальное хозяйство, %	Доля котельной, %	Объемы отапливаемых помещений, м ²	Объемы отапливаемых помещений, м ²	Объемы отапливаемых помещений, м ²	Объемы отапливаемых помещений, м ²	Объемы отапливаемых помещений, м ²	Объемы отапливаемых помещений, м ²	Уголь, Азерб.	Потребл. угля, т	эл. энергия, кВт.ч	русс. руб.	стоимость, т. руб.	стоимость, т. руб.	сумма в руб.	сумма в руб.	сумма в руб.		
5 м.р. Углы, м.р. 45	3	КВТ-20	60,0	1	25	1	0,75	0,5	14,9	4,0	10	10	10	10	10	10	32520	1	644	2061,1	1	2000	1	25	26	27	28
11 13 ул. Ленина, 33	3	КВТ-10/14	18,0	0,30	13	0,53	0,75	0,4	100	0,7	10	11	12	124	0,51	19589	0,61	644	12602,4	0,61	6300	0,32	1,33				
12 14 ул. Фофанов, 36	1	КВТ-3/4	7,8	0,13	0,7	0,29	0,85	0,5	44,8	5,0	6	6,1	6	62,3	0,25	10043	0,31	644	6448,37	0,31	4000	0,20	0,29				
13 16 ул. Островского, 13а	6	КВТ-4	6	0,10	4,3	0,18	0,65	0,6	24,7	0,4	4	3,0	12	40,9	0,17	8253	0,26	644	5315	0,26	3500	0,10	0,08				
14 9 ул. Ленина, 110а	4	КВТ-4	4	0,07	2,0	0,12	0,6	0,6	5,2	0,4	21	20	3,2	26,8	0,12	4591	0,14	644	2956,86	0,14	2000	0,15	0,22				
15 2 ул. Заречная, 10а	4	КВТ-4	4	0,07	3,9	0,18	0,65	0,4	21,1	2,5	4	2,4	2	20,0	0,11	6091	0,19	644	3532,80	0,19	4000	0,20	0,46				
16 8 ул. Жданова, 32 ВЗС	4	Универс	4,3	0,02	0,3	0,01	0,3	0,7						0,0	402,1	0,02	644	316,91	0,02	300	0,02	0,09					
17 19 ул. Боткинского, 60а	2	Универс	0,4	0,01	0,2	0,01	0,34	0,7			1	1,2		1,2	0	376	0,01	644	242,14	0,01	250	0,01	0,01				
18 4 ул. ЛЭП-500, 10 а	4	КВТ-250	0,9	0,02	0,5	0,02	0,67	0,6	11,7	0,2				11,9	0,05	0	1998	2	3996	0,19	5000	0,25	0,91				
19 3 ул. Сибирова, 11а	3	КВТ	1,3	0,02	0,2	0,01	0,5	0,7			1	2,2		2,2	0,01	335	0,01	644	215,74	0,01	215	0,01	0,28				
20 20 ул. Лыткина, 66	2	КВТ-250	0,5	0,01	0,5	0,02	0,6	0,6	2,8				0,4	3,2	0,01	0	1034	2	2068	0,10	3000	0,15	0,77				
21 1 п. Рабочий городок	2	КВТ-1	2	0,03	1,6	0,07	0,65	0,3	13,8	0,4	3	2,1	1,1	17,4	0,07	3356	0,1	644	2161,14	0,10	2000	0,10	0,80				
22 10 ул. Сиваева, 17а	2	КВТ	1,3	0,02	0,2	0,01	0,55	0,6	0,4		2	1,2		1,0	0,01	413	0,01	644	265,97	0,01	270	0,01	0,46				
23 12 ул. Сиваева, 36	2	КВТ	1,3	0,02	0,2	0,01	0,56	0,6			1	1,7		1,7	0,01	356	0,01	644	229,26	0,01	230	0,01	0,46				
24 15 ул. ЛЭП-500, 32а	2	КВТ	1,3	0,02	0,1	0,01	0,57	0,6						0,0	120,5	0	644	82,75	0,00	100	0,01	0,48					
25 17 ул. Плеханова, 5	2	КВТ-1	2	0,03	2,0	0,09	0,58	0,3	2,1		2	1,1		3,2	0,01	761,3	0,02	644	490,28	0,02	400	0,02	0,55				
26 6 ул. Гидролизина, 45а	2	КВТ	1,25	0,02	0,2	0,01	0,56	0,6			1	2,3		2,3	0,01	265	0,01	644	170,66	0,01	170	0,01	0,50				
27 7 ул. Чкалова, 26	2	КВТ-1	2	0,03	0,4	0,02	0,6	0,6	1,8		4	1,4		3,2	0,01	614,4	0,02	644	385,67	0,02	400	0,02	0,57				
28 11 ул. Забуркина, 15а	1	КВТ-1	1	0,02	0,5	0,02	0,58	0,5	2,9					2,9	0,01	574,4	0,02	644	369,91	0,02	370	0,02	0,65				
29 18 п. Железнодорожный	1	КТМ-1,25	1	0,02	0,3	0,01	0,65	0,5	1,1				1,1	2,2	0,01	334,6	0,01	644	215,48	0,01	200	0,01	0,80				
30 21 Вес. коэффициенты																2	88509	1		63279,5	1	51705	2				
31 Итого: 20 котельных, из них 18 угольных, 2 электрических																											

Рис. 4. Очередность реконструкции котельных в соответствии со значением весовой функции F – столбец 26 (коричневым цветом выделены критерии; значения весовых коэффициентов отражены в 30-й строке)

2. Выделим только те котельные, для которых значения обобщенного критерия больше нуля и определим котельные, попадающие в программу реконструкции в соответствии с критерием 2 при ограничении по бюджету в 30 млн руб. Для этого воспользуемся возможностями Excel (рис. 5.) и решим задачу целочисленного программирования, сформулированную выше.

F20 =СММТРОИЗВ(\$A\$10:\$A\$15;X10:X15)																													
А	Б	С	Д	Е	Г	И	К	Л	М	Н	О	Р	С	Т	У	В	W	У	У	З	АА								
3	В	К	П	Ю	Ч	В	Н	Потребители																					
4	Населенный пункт, адрес котельной	Количество котлов (шт)	Мощность котлов	Мощность котельной	Годовая нагрузка	Тепловая нагрузка	Тепловая нагрузка от котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной									
5	Количество котлов (шт)	Мощность котлов	Мощность котельной	Годовая нагрузка	Тепловая нагрузка	Тепловая нагрузка от котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной									
6	Мощность котельной	Годовая нагрузка	Тепловая нагрузка	Тепловая нагрузка от котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной									
7	Годовая нагрузка	Тепловая нагрузка	Тепловая нагрузка от котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной									
8	Тепловая нагрузка	Тепловая нагрузка от котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной	Мощность котельной									
9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
10	1	ул.Ульянов.45	3	КВС-20	60,0	1,00	23	1	0,75	0,5	149	46	18	36	14	245	32320	644	20814,00	1	20000	1	2,95	1					
11	1	ул.Ленина,33	3	КВС-1004	18,0	0,30	13	0,55	0,75	0,4	100	0,7	10	11	12	124	8,94	19569	644	12602,44	0,61	6300	0,32	1,33	2				
12	0	ул.Гоголя,35	1	КСВ-3,47	7,0	0,13	6,7	0,29	0,05	0,5	44,6	5,6	6	6,1	6	62,3	0,25	10013	644	6448,37	0,31	4000	0,20	0,25	3				
13	1	ул.Жданова,32 ВЭС	4	Универ.6	1,3	0,02	0,3	0,01	0,3	0,7						0,0	482,1	644	316,91	0,02	300	0,02	0,05	4					
14	0	ул.Островского,13а	6	КВС-1	6,0	0,10	4,3	0,10	0,05	0,6	24,7	0,4	4	3,8	12	40,9	0,17	8253	644	5315,00	0,26	3500	0,10	0,08	5				
15	1	ул.Блокера,60а	2	Универ.6	0,4	0,01	0,2	0,03	0,34	0,7			1	1,2	1,2	0	376	644	242,14	0,01	250	0,01	0,01	6					
16	0	Всего коэффициенты															71023		45738,9		34350								
17	Итого: 20 котельных, из них 18 успешны, 2 злостных																												
18																													
19	цели, функция		направ.		Л.ч		экон.пр.ч																						
20	4,374157191		Макс.		26850		<= 30000																						
Лист1 Лист2 Лист3																													

Рис. 5. Результат решения задачи выбора котельных первой очереди г. Тулуна: в столбце «А» этим котельным соответствует «1»; в 29-м столбце указана очередность реконструкции; сумма инвестиций для выбранных котельных (условно) составит 26850 тыс. руб., хотя общий необходимый объем – 34350 тыс. руб. (из программы реконструкции выпадают котельные с номерами 12,14,16)

3. Если далее принять, что в 2012 г. на реконструкцию котельных Тулуна будет выделено (условно) 34350 тыс. руб. и реконструкция будет успешно выполнена, то удалив из расчетов соответствующие строки, мы получим новую программу и сумму затрат на реконструкцию в следующем 2013 г. (рис. 6). Программа реконструкции котельных 2-й очереди только для котельных с положительным значением целевой функции.

■ определим интегральный экономический результат.

Реализация предложенного алгоритма по трем сценариям позволила рассчитать оценки экономического эффекта, который может быть получен при замене бурого угля в котельных Тулуна на новый возобновляемый источник энергии – пелеты из лигнина.

Согласно выполненным расчетам, экономический эффект:

по оптимистичному сценарию (при себестоимости пелет 17,2 €/т (евро за тонну), цена при рентабельности 25 % – 21,5 €/т или 860 руб./т) позволит снизить затраты на топливо для г. Тулун на **23344,33 тыс. руб.;**

по реалистичному сценарию (при себестоимости пелет 25,2 €/т, цена при рентабельности 25 % – 31,5 €/т или 1260 руб./т) затраты на топливо для г. Тулун будут снижены на **1988,7 тыс. руб.;**

по пессимистичному сценарию затраты на использование пелет в качестве топлива будут соизмеримы с затратами на уголь.

Вместе с тем при всех сценариях значительно снижается экологический и экономический ущерб окружающей среде в случае использования нового возобновляемого источника энергии (таблица).

Экономический ущерб от выброса в атмосферу вредных веществ при сжигании в котельных г. Тулуна азейского угля (по расчетным данным выбросов вредных веществ в соответствии с ГОСТ Р 50831-95)

Вид топлива УАуд, руб./у.т.= 63,4; КАзг=1.3	Вид вредных веществ	Масса, кг	КАзг – коэф. от- носит. эколог. - эконом. опасности i-го в-ва	МАст. усл. кг. прив. масса выбросов ве- ществ от ста- ционарных источников	УА, руб. эконом. ущерб от выбросов загрязн. ве- ществ в атмо- сфере
1-й вариант: 100 % азейского (бурого) угля (88844 т или 49498,8 т у. т.)	SO ₂	355376	20	7107520	587735,6
	NO _x	150351	16.5	2480791,5	205024,8
	CO _x (т)	204341,2	10	2043412 т	
	Лет. зола	42371	10	423710	3553,6
	Cd	0,642	5000	3210	260
	Co	1,41	1670	2354,7	272,7
	Cu	1,05	500	525	43,6
	Ni	2,543	500	1271,5	104,3
	Pb	6,33	1670	10571,1	877
	Zn	5,3	33.5	177,55	15,2
ИТОГО		204889,3		2064002,3 т	797632,2
2-й вариант: 100 % пелет из лигнина (53306,38 т или 49498,8 т у. т.)	SO ₂	1176,4	20	23528	1945,6
	NO _x	37200,2	16.5	613804	50727,8
	CO _x (тонн)	67432,1	10	674321 т	
	Лет. зола	1091	10	10910	91,5
ИТОГО		67471,6		674969,23 т	52764,9

Учитывая, что человеческий капитал необходимо рассматривать как интегральный показатель, который в денежном выражении включает расходы на здоровье, физическую культуру и спорт, образование, культуру и науку экономический ущерб для здоровья населения за счет загрязнения окружающей среды (достаточно условно) определим как:

$$\text{Эу. з.} = \text{Кн.} * ((\text{Пср. р.} - \text{Пср. рег.}) / \text{Пср. п. в. рег.}) * \text{Цж.} * \text{Кэк.} * \text{Кс. экн.}, (4)$$

где: **Эу. з.** – экономический ущерб здоровью населения; **Кн.** – количество человек проживающих на территории региона, района и т.д.; **Пср. р.** – средняя продолжительность жизни гражданина России, **Пср. рег.** – средняя продолжительность жизни населения региона; **Пср. п. в. рег.** – средний возраст выхода на пенсию для данного региона; **Цж** – «цена» жизни в России; **Кэк** – коэффициент влияния состояния экологии региона на продолжительность жизни, **Кс. экн.** – коэффициент загрязнения окружающей среды со стороны конкретного сектора экономики региона.

С учетом представленных результатов в работе получена оценка размера экономического ущерба от загрязнения воздушного бассейна для Тулуна.

В расчетах учитывалось, что средняя продолжительность жизни по Иркутской области на 6 лет меньше средней по России (60,4 г.), загрязнение за счет энергетики по Иркутской области составляет 40 %, влияние экологических факторов на здоровье населения – 20 %, количество жителей Тулуна – 48270, «цена» жизни – 3,3млн руб.

$$\text{Эу. з. (Тулуна)} = 48270 * ((60,4 - 54,4) / 60) * 3,3 \text{ млн руб.} * 0,2 * 0,4 = 1274,33 \text{ млн руб.}$$

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В процессе исследования был сформулирован ряд задач модернизации тепловой энергетики региона, предложены модели и алгоритмы решения ряда основных проблем развития ТЭК:

1. Обоснована экономическая необходимость создания единой электронной системы диспетчеризации и мониторинга (электронной карты) теплоснабжения (ЭСДМТ) путем разработки и реализации локальных ЭСДМ всех объектов тепловой энергетики (и в первую очередь – объектов муниципальной собственности, п. 2.1).

2. Обоснована экономическая целесообразность использования местных энергоресурсов с целью снижения затрат и более широкого использования возобновляемых и вторичных источников энергии (анализ альтернативных видов топлива и модель выбора топлива изложены в пп. 2.2, 2.3). Получены оценки существенного улучшения экологической обстановки в регионе за счет перевода котельных на экологически чистые виды топлива (обоснование замены угля на альтернативный вид топлива дан в п. 3.2).

3. Предложены модели, на основе которых может быть выполнена разработка программ модернизации муниципальных котельных с анализом возможности перевода их на местные энергоресурсы (в первую очередь возобновляе-

мые) и существенного повышения КПД за счет внедрения инновационных технологий получения тепловой энергии и широкого внедрения систем регулирования и автоматизации на всех технологических стадиях производства энергии. Получены оценки затрат на установку блочно-модульных котельных, работающих на природном газе (порядка 1млн руб. на 1Мвт установленной мощности). В сравнении с затратами на реконструкцию основных узлов (котлов, топливоподачи, водоподготовки, КИПиА и т.д.) при переводе котельной на ВИЭ (порядка 350–400 тыс. руб. на 1Мвт установленной мощности) определяют необходимость широкого использования местных возобновляемых источников энергии.

4. Результаты диссертационной работы приняты к внедрению на ООО «Топливноэнергетическая компания», г. Киров (справка о внедрении), ожидаемый экономический эффект составит **129,699 млн. руб.**

5. В процессе экспериментальной проверки возможности частичной замены угля на лигнит только на котельной ВСБТ получен экономический эффект **455,3 тыс. руб.**

6. Результаты диссертационного исследования внедрены в научную и проектную деятельность Научно-внедренческого центра Международного исследовательского института, г. Москва (справка о внедрении).

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в ведущих научных журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Хаматаев Р.В. Инновационная модель и методика формирования системы управления качеством объектов тепловой энергетики / Р.В. Хаматаев, М.А. Семенов, И.С. Черняк, Т.В. Черемных // Москва: Вестник экономической интеграции. – 2010. – № 5 (25). – С. 149–156 (0,93 п.л./0,3 п.л.).

2. Хаматаев Р.В. Вопросы формирования региональной системы производства, распределения и реализации тепловой энергии на основе принципов менеджмента качества // Р.В. Хаматаев, М.А. Семенов, И.С. Черняк, Т.В. Черемных // Иркутск: Известия Иркутской государственной экономической академии. БГУЭП. – 2010. – № 6 (74). – С. 54–58 (0,63 п.л./0,2 п.л.).

3. Хаматаев Р.В. Модель выбора топлива для модернизации объектов ТЭК как необходимый элемент системы управления качеством производства тепловой энергии // Р.В. Хаматаев, Е.Д. Астафьева, М.А. Семенов // Иркутск: Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2011. – № 3 (50). – С. 128–133 (0,77 п.л./0,3 п.л.).

4. Хаматаев Р.В. Формирование структуры мониторинга и системы управления стратегическим развитием тепловой энергетикой Иркутской области // Р.В. Хаматаев, М.А. Семенов, Т.В. Черемных // Москва: Вестник экономической интеграции. – 2011. – № 11 (43). – С. 149–156 (0,88 п.л./0,4 п.л.).

Коллективная монография

5. Хаматаев Р.В. Повышение качества аналитического контроля многокомпонентных смесей за счет использования инновационных методов обработ-

ки информации. // Р.В. Хаматаев, М.А. Семенов // Иркутск: Изд-во ИрГТУ 2010 – 293 с. (17 п.л./8,6 п.л.).

Статьи, опубликованные в других изданиях:

6. Хаматаев Р.В. Потенциальная тепловая энергия отходов лесозаготовки: // Р.В. Хаматаев, Е.А. Сычев, Е.Д. Кулюкина, Л.Л. Ватник, В.Б. Акопян // материалы VI Московского международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития» Москва, 21–25 марта 2011г.. – С.166–167.

7. Хаматаев Р.В. Комплексная переработка отходов лесозаготовки. // Р.В. Хаматаев, А.Ю. Ступин, В.В. Меркицина, В.Б. Акопян, Е.А. Алдошина // материалы VI Московского международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития» Москва, 21–25 марта 2011г. – С. 331 – 332.

8. Хаматаев Р.В. Модель формирования программы модернизации объектов коммунальной теплоэнергетики Иркутской области // Народное хозяйство (вопросы инновационного развития). // Р.В. Хаматаев М.А. Семенов // Москва: – 2011. – №3. – С. 103 –110 (0.55 п. л.).



Подписано в печать 19.03.2012. Формат 60 x 90 / 16.
Бумага офсетная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 1,5.
Тираж 120 экз. Зак. 53. Поз. плана 10н.

Лицензия ИД № 06506 от 26.12.2001
Иркутский государственный технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

102